دوربین رقومی هوایی

ULTRACAM-D

نویسنده: Dr.Leberl

مترجم: مهندس حمید معصومی

۱ - چکیده

بطور خلاصه در مقایسه، دقت تهیه نقشه با تصاویر دوربین رقومی تا ۲ برابر بهتر از دقت نقشه با عکس‌های تهیه شده از طریق فیلم در یک مقیاس برابر می‌باشد، گرچه صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در وقت و هزینه را نیز در بر خواهد داشت.

۲ - مقدمه

با ورود تکنیک‌های عکسبرداری رقومی در عرصه فتوگرامتری رقومی و استفاده از این فن آوری برای اولین بار در کشور جمهوری اسلامی ایران توسط سازمان جغرافیایی، مناسب خواهد بود. پیرو موضوع اول [1] مطالب بیشتری پیرامون دوربین رقومی UC-D به منظور بهره برداری خود و دیگر همکاران این عرصه ارائه گردد. مطالب ارائه شده در این بخش پیرامون موضوعات مختلف دوربین رقومی میباشد که بصورت پرسش از طرف مشتریان و علاقمندان در کشورهای گوناگون مطرح و توسط مدیر موسسه Vexcel Imaging GmbH جناب دکتر Leberl پاسخ داده شده و جمع آوری گردیده است. سعی میگردد در هر بخش بطور مجزا به شرح زیر مطالب پیرامون موضوعات خاص و مهم از مأخذ اصلی گزینش و ارائه گردد.

- **سیستم دوربین رقومی**
- **نیازمندیهای فن آوری اطلاعات [2]**
- **استفاده عملیاتی از دوربین**

نقشه برداری هوایی با فیلم عکاسی وابسته به مقیاس عکس میباشدکه به نوبه خود تعیین کننده دقت‌ها برای مثال دقت درانـدازه‌گیری ارتفاعی است. بطور معمول به نظر می‌رسد این دقت می‌تواند 0.0001 ارتفاع پرواز باشد. در تصویر برداری رقومی هوایی دقت وابسته به اندازه پیکسل [3] یا اندازه معادل آن روی زمین GSD [4] می‌باشد. این دو مفهوم در اسکنر فتوگرامتری نیز وابسته به اندازه پیکسل می‌باشند. می‌توان گفت که اندازه پیکسل دوربین رقومی به اندازه یا بهتر از یک فیلم اسکن شده با اندازه پیکسل ۲۰ میکرون و حتی کوچکتر به اندازه ۱۵، ۱۰، ۵ میکرون می‌باشد. این موضوع به طور قاطع در پایان نامه دکتری آقای R.perko تأیید شده و در کنگره‌های اخیر ISPRS چاپ گردیده است. برای مثال می‌توان عکسبرداری با فیلم در مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۲۰۰۰ را به ترتیب معادل تصویر رقومی با GSD، ۱۰ و ۲۴ سانتی متر در نظر گرفت. شواهد زیادی وجود دارد که تهیه نقشه با دقت هندسی بهتر از ±۱ پیکسل با دوربین رقومی امکانپذیر می‌باشد. این مقدار برای عکسبرداری مبتنی بر فیلم معادل ۱:۱۰۰۰۰ ارتفاع پرواز مطرح میگردد. تحولات اخیر در خصوص تصویر برداری رقومی و اساس فن آوری اطلاعات، یک چرخهٔ تولید کاملاً رقومی را فراهم ساخته است. به طوریکه عکسبرداری مبتنی بر فیلم را در آینده نزدیک از دور خارج خواهد نمود و باعث رشد و توسعه در انعطاف پذیری عملیات تصویربرداری و اطمینان بیشتر و کاهش هزینه خواهد بود. با توجه به صرفه جویی در مواد مصرفی از جمله فیلم و پردازش ظهور و ثبوت فیلم و حتی عملیات اسکن که اخیراً روی فیلمها انجام می‌گرفته است، کاهش هزینه اولین مزیت قابل دسترسی خواهد بود.

با توجه به ارتقاء قدرت CPU، ظرفیت حافظه‌ها و سرعت انتقال داده‌ها طی ۵ سال آینده صرفه جویی در زمینه زیربنایی فن آوری اطلاعات تا ۱۰ برابر قابل پیش بینی می‌باشد. به طوریکه میدان داری ترابایت تمام شده و جای خود را به پتا بایت (Peta-byte) خواهد داد. به هر حال یکی از شاخص‌ترین اهداف ایجاد تحول در خط تولید رقومی می‌باشد، طوریکه به صرفه جویی در نیروی انسانی با کاهش عملیات انسانی بیانجامد که این موضوع حرفه در نیروی انسانی را تا مقیاس ۱۰ برابر طی یکی دو سال آینده امکان‌پذیر می‌سازد به شکلی که با بهره گیری از نرم افزارها و تدابیر تصویربرداری با تمام امکانات یک سیستم کاملاً فتوگرامتری رقومی را فراهم خواهد آورد.

۳ـ سیستم دوربین رقومی

۳ - ۱ - پهنای نوار پوشش در سطح زمین [5]

دوربین رقومی Ultracam-D طوری طراحی شده است که به همان اندازه دوربین‌های هوایی سنتی عرض نوار تصویربرداری در سطح زمین را پوشش می‌دهد. قابل قبول خواهد بود اگر بپذیریم GSD دوربین رقومی برابر یا حتی بهتر از معادل GCD فیلمی که با دقت ۲۰ میکرون اسکن شده می‌باشد. دوربین رقومی یک تصویر مربع شکل را ارائه نخواهد داد بلکه به شکل مستطیل خواهد بود. پوشش مؤثر تحت زاویه °۵۵ در جهت عمود بر محور پروانه و ۳۷ درجه در امتداد پرواز فراهم میگردد.

از نقطه نظر هندسی پوشش عمود بر امتداد پرواز مشابه با دوربین سنتی با ابعاد ۲۳cm×۲۳cm با فاصله کانونی ۲۱ سانتی متر می‌باشد. در یک ارتفاع پرواز ۶۰۰۰ فیت، یک پوشش ۱۸۶۷×۱۲۱۷ متر را برای هر تصویر روی سطح زمین ایجاد می‌نماید. (البته برای تعداد ۷۵۰۰×۱۱۵۰۰ پیکسل به ابعاد ۹ میکرون و فاصله کانونی ۱۰۱/۴ میلی متر براحتی قابل محاسبه خواهد بود).

۳-۲- پوشش طولی (Stereo)

پوشش طولی یا استریو تابعی از نرخ تکرار تصویر می‌باشد. دوربین رقومی Ultracom.D قادر است با نرخ فاصله زمانی ۱ ثانیه یا بهتر برای هر تصویر، تصویر برداری نماید. بنابراین یک پوشش طولی ۶۰٪ را برای هر کاربرد خاص نقشه برداری فراهم می‌کند تا حتی به شکل بهتری با اندازه GSD ۳ سانتی متر. با توجه به تعداد ۷۵۰۰ پیکسل در هر تصویر در امتداد پرواز با GSD معادل ۳ سانتی متر ابعاد ۲۲۵ متر را در امتداد پرواز روی زمین پوشش می‌دهد. برای یک پوشش طولی ۶۰٪ نیاز است که تصاویر با فاصله ۴۰٪ در امتداد پرواز تکرار گردند (هر ۹۰ متر روی زمین). با سرعت ۷۰ متر بر ثانیه برای هواپیما تصاویر با پوشش طولی ۶۰٪ و GSD معادل ۳ سانتی متر قابل دسترسی است اگر که هر تصویر با فاصله ۱/۳ ثانیه اخذ گردد. حتی پوشش طولی ۷۰٪ با GSD ۳ سانتی متر نیز امکان‌پذیر می‌باشد. البته با توجه به این موضوع براحتی می‌توان تصویر برداری با پوشش طولی ۶۰٪ و GSD ۱۰ یا ۲۴ سانتی متر را انجام داد. نسبت $\frac{B}{H}$ باز به ارتفاع پرواز در تصاویر پوششی برای دوربین رقومی بدواً به نظر می‌رسد نسبت به دوربین کلاسیک وضعیت بدتری دارد. دو فاکتور وجود دارد که نشان میدهد این موضوع گمراه کننده است. ابتدا اینکه دقت تصاویر پوششی تنها تابعی از نسبت $\frac{B}{H}$ نیستند بلکه به دقت جفت وجوری تصاویر پوششی نیز بستگی دارد که فاکتور دوم تصاویر رقومی را نسبت به عکس کلاسیک برتری می‌دهد. دوم اینکه امکان تصویربرداری با پوشش طولی بیشتر بدون صرف هزینه بیشتر در دوربین رقومی دو مزیت را نسبت به عکسبرداری با فیلم در بر دارد: امکان انتخاب اشعه‌های هم نظیر (نه پوششی) دقت و توانمندی تصاویر رقومی را افزایش می‌دهد. نهایتاً پوشش طولی بیشتر باعث می‌شود که هر نقطه روی زمین با یک زوج تصویر پوشش دار با نسبت بالای $\frac{B}{H}$ پوشش داده شود، طوریکه پوشش یک موقعیت روی سطح زمین توسط مقدار تصاویر متعددی قابل ملاحظه می‌باشد. برای مثال در پوشش طولی ۸۰٪ تصویر ۱ و ۵ هم پوشانی مختصری با نسبت بالای $\frac{B}{H}$ با هم دارند. روش‌های خودکار و قابلیت‌های مؤثر در ارتباطات تصویر پوشش دار استریو، شرایط مؤثری را در پوشش‌های زیاد ممکن خواهد ساخت.

۳-۳- جمع آوری و اخذ تصاویر چند باندی

دوربین رقومی Ultracam-D در ۵ باند داده تولید می‌کند: یک تصویر پانکروماتیک با پوشش محدوده مرئی طیف الکترومغناطیس، علاوه بر آن ۳ باند رنگی قرمز، سبز و آبی و همچنین یک باند مادون قرمز نزدیک. اطلاعات هر باند توسط یک سنجنده مجزا جمع آوری می‌گردد، از طریق یک سیر اپتیکی با ترکیب فیلتر، عدسی و یک ردیف CCD مجزا، محدوده طیفی باندها به شرح زیر می‌باشد:

پانکروماتیک: ۶۹۰-۳۹۰ نانومتر

قرمز: ۶۹۰-۵۷۰ نانومتر

سبز: ۶۶۰-۴۷۰ نانومتر

آبی: ۵۳۰-۳۹۰ نانومتر

مادون قرمز نزدیک: ۹۴۰-۶۷۰ نانومتر

۳-۴- قدرت تفکیک فضایی (مکانی) تصاویر

قدرت تفکیک فضایی GSD تصاویر رقومی (به واحد میلی متر روی زمین) از اندازه فیزیکی پیکسل (P) به اندازه ۹ میکرون و فاصله کانونی (F) به اندازه ۱۰۱ میلی متر و ارتفاع پرواز (H) به متر که معمولاً توسط کاربر انتخاب می‌گردد، منتج می‌شود. نسبت بین GDS به واحد میلی متر و ارتفاع پرواز به متر به شرح زیر می‌باشد

$$GSD=P*\frac{H}{F} \qquad H=GSD*\frac{F}{P}$$

مقدار GSD، ۱۰ سانتی متر در ارتفاع پرواز ۱۱۲۷ متر قابل دسترسی می‌باشد. در یک ارتفاع پرواز ۳۰۰ متر از سطح زمین، مقدار GSD به ۲/۷ سانتی متر کاهش می‌یابد و به تناسب قدرت تفکیک فضایی مناسب برای کاربردهای مهندسی خاص و نقشه‌های شهری قابل دسترسی خواهد بود.

برای کسب واقعی اندازه پیکسل در یک عملیات اجرایی لازم است که نور کافی در یک بازه زمانی گسترده نوردهی معادل ۴ میلی ثانیه جمع آوری گردد. از آنجایی که هواپیما در زمان نوردهی با سرعتی حدود ۷۰متر بر ثانیه حرکت می‌کند GSD معادل ۱۰ سانتی متر به خاطر حرکت تصویر طی ۴ میلی ثانیه نوردهی حاصل نخواهد شد بلکه معادل ۲۸ سانتی متر می‌باشد. بنابراین یک سیستم اصلاح حرکت به جلو (FMC) نیاز است که در دوربین رقومی برای رفع این مشکل به کار گرفته شود. ۵ باند طیفی در دوربین دو قدرت تفکیک فضایی متفاوت ارائه می‌دهند، تصاویر پانکروماتیک با فاصله کانونی ۱۰۰ میلی متر و باندهای رنگی با فاصله کانونی ۲۸ میلی متر. نهایتاً تصاویر رنگی طبیعی و کاذب بوسیله ادغام تصاویر پانکروماتیک و باندهای رنگی با قدرت تفکیک تصاویر پانکروماتیک که Pan-Sharpened نامیده می‌شوند تولید می‌گردد.

۳-۵- قدرت تفکیک رادیومتریک تصاویر

مبدل آنالوگ به رقومی در دوربین رقومی UC-D ۱۴ بیتی طراحی شده که جهت اطمینان در عمل بصورت ۱۲ بیتی جمع آوری و ارائه می‌گردد. عملاً تعداد ارقام (DN) در رنج حدود ۷۰۰۰ (۱۳ بیت) ثبت می‌گردند. پاسخ و واکنش به نوردهی در سنجنده به روش آنالوگ انجام می‌گیرد (شارژ تولید شده محدوده به مراحلی از شارژ اولیه الکترون‌ها می‌باشد) و محدوده دینامیکی قابل استفاده آن بیشتر از ۷۲dB تعریف گردیده است. این موضوع تناسب دارد با قدرت تفکیک سیستم‌های رقومی کمی بیشتر از ۱۲ بیت. برای دسترسی واقعی به مقدار ۱۲ بیت لازم است سیستم خاص دیگر نیز مثل فاصله اطمینان و noise level داشته باشیم. برای دسترسی به یک نتیجه درست از قدرت تفکیک در مبدل آنالوگ به رقومی نیاز است برای اجتناب از محدودیت‌ها عملاً یک دینامیک رنج بیشتر از مقدار واقعی داشته باشیم و به خاطر همین موضوع است که طراحی صنعتی دوربین رقومی UC-D براساس ۱۴ بیتی بوده است تا نهایتاً بتوان به مقدار قدرت تفکیک واقعی ۱۲ بیت دسترسی یافت.

۳-۶- دقت رادیومتریک

تصاویر سطح ۲ که در مراحل پردازش ثانویه تصحیحات رادیومتریک وهندسی روی آنها انجام شده و یکپارچه شده‌اند بصورت ۱۴ بیتی ارائه می‌گردند و سپس تصاویر سطح ۳ در فرمتهای مختلف با قدرت تفکیک تصاویر پانکروماتیک بصورت رنگی طبیعی و رنگ کاذب بصورت ۱۴ و ۸ بیتی تولید می‌گردند. اپراتور قادر است با شناسایی اتوماتیک نقاط روشن و تاریک در حد آستانه و مقادیر گاما تبدیل ۸ بیتی را بهبود ببخشد. نتیجتاً نقاط نشانه خاص پارامترهای هیستوگرام بوسیله تنظیم پارامترهای پردازش

بطریق مناسب قابل دسترسی می‌باشند.

۳-۷- یکنواختی رادیومتری

انتخاب تنظیمات مشابه برای سطح ۳ در عملیات پردازش برای هر تصویر نتایج ثابتی را خواهد داشت. دقت تنظیمات نوردهی کنترل شده رقومی پیش شرط این حالت می‌باشد. به منظور بهبود بیشتر یکنواختی رادیومتری دیداری برای حالت تغییرات غیر منتظره اسکن، یک تناظریابی اتوماتیک پارامترهای رادیومتری روی فریم‌های مناسب بوسیله ارزیابی مناطق هم پوشش در نسخه‌های بعدی نرم‌افزار پردازش پیش بینی گردیده است.

۳-۸- دقت هندسی

دوربین رقومی UC-D طوری طراحی شده است که یک دقت هندسی را برای تصویر معادل یا بهتر از ۲± میکرون فراهم می‌آورد این مقدار به طرق مختلف حاصل می‌گردد. ابتدا واقعیت این است که دقت هندسی دوربین بوسیله دقت هندسی یکی از مخروط‌های اپتیکی که Master Cone نامیده می‌شود تعیین می‌گردد. این دقت هندسی در آزمایشگاه کالیبراسیون تعیین و تأیید گردیده است (مقادیر باقیمانده‌ها در کالیبراسیون در حد کمتر از ۱± میکرون هستند. سپس مخروط‌های اپتیکی که Slave Cone نامیده می‌شوند با Master Cone یکپارچه می‌گردند. که در نتیجه مقادیر باقیمانده متأثر از این مخروطها کمتر از ۲± میکرون می‌باشند.

نهایتاً باندهای رنگی تصویر نیز با تصویر پانکروماتیک بعنوان Master ادغام می‌شوند که در این پردازش نیز مقادیر باقیمانده کمتر از ۲± میکرون می‌باشند. در نهایت دقت سیستم بوسیله نتایج مثلث بندی (AT) که در مقادیر ناهنجاری داخلی بعنوان Sigma.novght نشان داده شده‌اند قابل ارزیابی می‌باشند که این مقدار نیز کمتر از ۲± میکرون بوده است. به هر حال دقت به نوع منطقه و چگونگی نور سنجی بستگی دارد. این دو پارامتر در تعیین نقاط مشترک بین تصاویر از طریق تناظر یابی مؤثرند و دقت مثلث بندی نیز به نقاط مشترک وابسته می‌باشد.

۳-۹-کالیبراسیون دوربین

یکی از مهمترین پارامترهای مهم در دوربین فتوگرامتری (متریک) کالیبراسیون دوربین می‌باشد. در رابطه با این موضوع بطور مفصل در شماره ۵۵ مجله سپهر توضیح داده شده است. در آزمایشگاه کالیبراسیون با اندازه گیری تعداد ۱۴۰۰۰ نقطه پارامترهای هندسی هر مخروط دوربین و CCD به شرح زیر تعیین گردیده‌اند.

فاصله کانونی عدسی
فاصله اصلی عدسی
محدوده اعوجاج عدسی
شیفت CCD
دوران CCD
مقیاس CCD
CCD-Shear
اعوجاج سه بعدی CCD

- نتایج دقت بدست آمده نیز به شرح زیر بوده است.

دوربین پانکروماتیک Sigma-nought ≤ ± $1\mu_m$
دوربین رنگی Sigma-nought ≤ ± $105\mu_m$ rms
مقادیر باقیمانده کالیبراسیون رادیومتری 2DN± در مقیاس ۱۴ بیت

۳-۱۰- خط تولید محصولات مجموعه دوربین رقومی

تصاویر بدست آمده از عملیات هوایی تصویر برداری در سطح 00(خام) می‌باشند و تصاویر زیر از آن قابل ابتیاع می‌باشد.

سطح 00: داده‌های خام جمع آوری شده که در دو نسخه کپی در حافظه دوربین ذخیره می‌گردند.

سطح 0: داده‌های خام تأیید شده که روی (MSU)[۶] (واحد ذخیره سازی قابل حمل و نقل) یا حافظه‌های موجود در دفتر کار ذخیره می‌گردند.

سطح 1: داده‌های با تصحیح رادیومتریک که موقتاً در حافظه دوربین یا حافظه‌های موجود در دفتر کار ذخیره می‌گردند.

سطح 2: داده‌های تصویر با تصحیح هندسی (تصاویر یکپارچه تمام مخروطها Cones)

که بصورت مجموعه‌ای از فایلها شامل داده‌های تصویری (قدرت تفکیک اولیه تصاویر پانکروماتیک در ۱ باند و رنگی در ۴ باند، تصاویر با حجم کم و فایل اطلاعات اضافی).

سطح 3: آخرین خروجی بصورت تصویر رنگی طبیعی RGB و رنگ کاذب NIR-R-G با آخرین حد دقت هندسی.

۳-۱۱- مخزن ارتباط و استفاده تصاویر رقومی با سیستم‌های تولید فتوگرامتری رقومی موجود

تصاویر در سطح ۲ یا ۳ در نرم افزارهای پردازش تصویر فتوگرامتری بعنوان اطلاعات اولیه قابل استفاده می‌باشند. در حال حاضر ۱۲ الی ۱۴ نوع دوربین عکسبرداری و تصویر برداری توسط نرم افزارهای فتوگرامتری پشتیبانی می‌گردد و تصاویر رقومی نیز براحتی عکس سنتی اسکن شده در این نرم‌افزارها استفاده می‌گردند. فرمت تصاویر مورد استفاده در نرم افزارهای فتوگرامتری رقومی JPEG,TIFF خواهد بود و لذا تصاویر دوربین رقومی در نرم افزارهای فتوگرامتری رقومی مثل Socet set,Intergraph-Z/1 و دیگر نرم افزارها قابل استفاده می‌باشند.

۳-۱۲- سازگاری دوربین رقومی با هواپیماهای خاص

تجربیات با مدل‌های مختلف هواپیما وجود دارد حتی هواپیمای خاص نقشه برداری Cessna 206. هواپیماهای مختلفی توسط مشتریان برای دوربین رقومی UC-D از مجله Cessna404, 208, Turbo Commander استفاده گردیده است. موارد مورد نیاز برای استفاده دوربین رقومی در هواپیما شامل تجهیزات کابل برق رسانی و برد برای تغذیه برق 35Am و 24V تا 28، همچنین جا برای نصب SCU (واحد محاسبه و ذخیره سازی) به شکل مناسب جهت ارتباط با تجهیزات برد مهندسی هوانوردی مطابق با استانداردهای رسمی آژانس‌های Klagenfurt اروپا و Pasco - Tokyo ژاپن (البته جهت سهولت نصب SCU توسط شرکت Vexcel یک صفحه رابط و قفل ایمنی نیز همراه با تجهیزات تأمین گردیده است. قسمت‌های استفاده شده داخل هواپیما

واحد سنجنده (SU) ۴۵ کیلوگرم
واحد محاسبه و ذخیره سازی (SCU) ۶۵کیلوگرم
صفحه اتصال (IP) ۵کیلوگرم
صفحه اتصال SCU ۱۰ کیلوگرم
و نهایتاً مجموعه‌ای از کابل‌های ارتباطی ابعاد و زاویه دید اولیه لازم مبتنی بر نقشه‌های تهیه شده بعنوان بخشی از دستور العمل نصب تأئید می‌گردند.

۳-۱۳- عملیات روزمره برای روزهای پروازی

المانهای جریان و چرخهٔ داده در منطقهٔ عملیاتی:

جهت انتقال داده‌های جمع آوری شده توسط دوربین در منطقه عملیاتی بـه دفتر کـار، وسیله‌ای بـنام MSU(Mobile Storage Unit) استفاده مـی‌گردد. هـمچنین وسیله‌ای بـنام MS(Mobile Server) جـهت انـتقال داده‌های تصویر در منطقه عملیات روی یک حافظه بزرگ استفاده میگردد. متناسب با زمان پرواز در هر روز حداقل تعداد کمی MSU مورد نیاز است. بنابراین اگر ظرفیت حافظه دوربین معادل ۲۷۰۰ زوج تـصویر در هـر روز باشد، ۲ عدد MSU نیز مورد نیاز است.

نیازمندیهای روزانه برای انتقال داده‌های جمع آوری شده‌درهرروز:

برآورد نیازها براساس دقت هندسی ۱۰ سانتی متر در ۸ ساعت پرواز در ۳ روز پیوسته برای پوشش طولی ۶۰٪ و عرضی ۲۰٪ و با فرض اینکه مسافت بین فرودگاه و محل مأموریت ۱۰۰کیلومتر و منطقه پروژه بصورت مربع شکـل بـا طول نوار ۴۰کیلومتر بر تعداد ۳۸ نوار باشد صورت می‌گیرد. نـتیجتاً تـصاویر روزانه به تعداد ۵۱۲۰ تصویر به میزان ۱۵۵۰کیلومتر مربع را پوشش مـی‌دهند. این موضوع دلالت بر این دارد که هواپیما طی روز یکبار به زمین مـی‌نشیند تـا اطلاعات جمع آوری شده را که شامل ۲۷۰۰ تصویر می‌باشد در مدت ۱ ساعت به اولین MSU منتقل نماید و در پایان روز دومین سری تصاویر به تعداد ۲۷۰۰ تصویر نیز روی دومین MSU منتقل خواهد شد. MSU اوّل آزاد خواهد بود در ظهر روز بعد برای انتقال تصاویر اولین پـرواز در دومـین روز، دومـین MSU در پایان روز دوم پرواز برای اطلاعات دومین پرواز روز دوم استفاده خواهد شد. این ترتیب تا پایان کار تـنها بـا اسـتفاده از ۲ عـدد MSU ادامـه خواهد یافت. هر MSU البته به منظور انتقال سریع داده‌ها از حافظه سیستم داخل هواپیما و آزاد سازی هواپیما به کار گرفته می‌شود.

چگونگی چرخه داده

الف) اطلاعات سطح 00 (خام) بدست آمـده از عـملیات پـرواز تصویر برداری: عملیات استاندارد جهت جمع آوری تصاویر خـام سـطح 00 در هوا انجام میگیرد. هر لحظه تصویر برداری شامل ۱۳ تصویر کوچکتر ۱۱ مگا پیکسـل مـی‌باشد. تصاویر سطح 00 در دو نسخه و در دو حافظه مجزا ذخیره می‌گردند که مـجموع تـعداد آنـها بـه ۲۷۰۰ تـصویر بـا ظـرفیت ۱/۵ ترابایت خواهد بود.

ب) کنترل پوشش هوایی منطقه: پوشش هوایـی یک اصـل تـعریف شده خارج از دوربین در سیستم مدیریت و برنامه ریـزی پـرواز مـی‌باشد. همانطور که عملیات تصویربرداری پیش مـی‌رود عـامل دوربـین داده‌هـای جمع آوری شـده را روی یک رابـط گـرافـیکی کـه Quick-Looks نـامیده می‌شود مدیریت و نظاره می‌کند. این Quick-Looksها برای عملیات بعدی نیز ذخیره می‌گردند. بـعد از عـملیات پـرواز روی زمـین عـملیات تـصویر برداری بکمک Quick-Looksهای ذخیره شده با فـاصله زمـانی نـیم ثـانیه قـابل بـازسازی خـواهـد بـود. جـهت حـصول اطـمینان عـملیات پـرواز و تصویربرداری بطور کامل بعد از مأموریت قابل کنترل خواهد بود.

ج) ارزیابی و بازیابی سطح 0 تصاویر در هواپیما:

۱- ارزیابی و بازیابی تصاویر از طریق واحد SCU در داخل هواپیما به منظور اطمینان از عدم اشکال داده‌های خام سطح 00 قابل انجام خـواهـد بود. نتایج این عملیات بصورت داده‌های تصاویر سطح 0 روی MSU کپی می‌گردند. عملیات کـپی بـرداری بـوسیله اسـتفاده از زوج دیسـک و انـتقال موازی سرعت می‌گیرد. یک SCU با ظرفیت کامل شامل ۲۷۰۰ تصویر کمتر از ۱ ساعت کپی خواهد شد اکـنون SCU و MSU دو نـسخه کـپی از اطـلاعات تصاویر جمع آوری شده را در خود جای داده‌اند. در حالیکه هم اکـنون نـسخه دوم اطلاعات بلااستفاده خواهد بود. نتیجتاً حداکثر انـدازه داده مـورد اسـتفاده ۷۵۰گیگابایت خواهد بود.

۲- پردازش سطح ۲ در SCU: ترجیحاً داده سطح 00 جمع آوری شده مستقیماً می‌توانند به سطح ۲ پردازش شوند. برای این هدف یک سرور قابل حمل (Mobile Server) به صورت کامپیوتر نوت بوک همراه با یک حافظه بزرگ برای الحاق به SCU نیاز می‌باشد، بـه طـوریکه تـصاویر سـطح ۲ در حافظه خارجی ذخیره گـردند. عـملیات تـولید هـر تـصویر ۱ دقـیقه طـول خواهد کشید، بنابراین اینگونه عملیات پردازش سطح ۲ تـنها در شـرائـطی پیشنهاد می‌گردد که اولاً تعداد تصاویر کم باشد و محیط مناسبی نیز همراه با برق لازم فراهم باشد، البته پردازش سطح ۳ امکان‌پذیر نمی‌باشد.

د) تهیه کپی پشتیبان از داده‌ها جهت امنیت داده‌ها: MSU مـحتوی اطلاعات تصویر برداری از مأموریت پروازی قابل کپی روی حافظه‌های بزرگ مجزا می‌باشد. این عملیات حدود ۱۰ ساعت بطول می‌انجامد و بصورت متوالی برای مأموریت‌های مختلف انجام می‌گیرد. به هر حـال از زمـان پـایان عـملیات پرواز در عصر هر روز تـا صـبح روز بـعد وقت کـافی بـرای انـتقال اطـلاعات تصاویر از روی MSU به حافظه‌های جانبی وجود خواهد داشت.

هـ) تهیه نسخه دوم پشتیبانی جهت امنیت داده‌ها: خیلی مهم است که برنامه ایی برای تمام اوقات وجود داشته باشد تا هـمیشه دو نـسخه کـپی از داده‌های تصویر برداری در دسـترس بـاشد داده‌هـای مـوجود در SCU تـا زمانی که عملیات کپی اطلاعات از MSU روی حافظه‌های جانبی بـه پـایان نرسیده به هیچ وجه نباید پاک شوند.

و) کنترل کیفیت با عملیات پردازش بعد از تصویر برداری: پردازش تصاویر تهیه شده ممکن است زمان زیادی را به خود اختصاص دهد. لذا در مواقعی که منطقه تصویر برداری از محل دفتر کارپردازش دور است ممکن است نیاز باشد تعدادی از تصاویر در منطقه عملیات تصویر برداری جهت کنترل کیفیت و هر منظور دیگری پردازش گردند. چنین امکـاناتی در حـد پردازش تعداد محدودی از تصاویر (هر ۱۰۰ عدد تصویر ۱ عدد) در منطقه عملیات تصویر برداری در سیستم فراهم گردیده است.

تصاویر انتخاب شده روی رایانه Laptop در منطقه با حرف فـرمان در حدود ۴ دقیقه برای هر تصویر به عنوان تصاویر نمونه جهت کنترل کیفیت پردازش می‌گردند. کاربر در چنین حالتی هـم تـصاویر Quick-look و هـم

تصاویر نمونه انتخاب و پردازش شده در سطح ۲ و ۳ را در اختیار دارد.

ز) انتقال داده‌های سطح 0 به سیستم Ultramap و انجام عملیات پردازش جهت تولید تصاویر در سطح ۲ و ۳: MSU یا حافظه‌های جانبی حاوی داده‌های خام تصاویر به سرور سیستم Ultramap منتقل می‌گردند. این سرور یک آرشیو مطمئن از تصاویر سطح ۰ و ۲ و ۳ تولید می‌کند. عملیات پردازش بصورت خودکار انجام می‌شود. زمان خروجی برای هر تصویر قابل اندازه‌گیری می‌باشد. البته بطور معمول برای ۴ عدد CPU رایانه PC، برای هر تصویر ۱ دقیقه حرف خواهد شد. با انتقال داده‌ها از روی MSU به سرور، سرور نقش یک آزمایشگاه عکس را خواهد داشت.

ح) نتایج عملیات پردازشی Ultramap: سرور Ultramap لیستی را با داده‌های کامل درباره تصاویر همچنین آرشیوی با تصاویر قدرت تفکیک کامل مطابق با درخواست کاربر تهیه می‌کند. تصاویر براساس پروژه، بلوک، زیربلوک، خطوط پرواز، زوج تصویر و تصاویر تکی مرتب می‌گردند. اطلاعات مربوط به هر تصویر روی header تصویر ثبت می‌گردد، برای مثال اطلاعات توجیه خارجی تصویر که از تجهیزات زمان تصویربرداری بدست آمده‌اند در header تصویر قرار می‌گیرند.

ط) تحویل تصاویر مطابق نیاز مشتریان برای استفاده در نرم افزارهای فتوگرامتری: نرم افزارهای کاربردی موجود و در دسترس کاربران برای مثال Socetset یا سیستم ارزان Photomod اکنون می‌توانند دسترسی به اطلاعات پایه داشته باشند و از تصاویر برای عملیات پردازش بعدی فتوگرامتری استفاده کنند. تصاویر برای استفاده در نرم افزار Socetset باانتقال از طریق شبکه داخلی یا بین المللی از سرور Ultramap سفارش و تحویل می‌شوند. اگر چنانچه سرور به نرم‌افزار فتوگرامتری Vexcel تجهیز شده باشد، عملیات پردازش تحت کنترل سیستم مدیریت COP بصورت خودکار انجام می‌پذیرد.

ی) جهت عملیات پردازش در منطقه عملیات تصویر برداری می‌توان یک دفتر پردازش کوچک در منطقه با ۴ عدد رایانه خانگی برای خروجی هر تصویر در ۱ دقیقه فراهم نمود که البته این دفتر امکانات آرشیوی و کاتولوگ سازی را نخواهد داشت.

۳-۱۴- محدودیت‌های عملیاتی

هیچگونه محدودیتی برای ارتفاع پرواز در خصوص دوربین وجود ندارد. جبران حرکت رو به جلو (FMC)[۷] تصویر برداری در هر ارتفاع پروازی را امکان‌پذیر می‌سازد. حافظه و پردازنده دوربین در مقابل فشار هوا محافظت گردیده طوریکه در ارتفاع ۲۵۰۰۰ فیت با هواپیمای Un-Pressvrized هیچگونه مشکلی برای سیستم پیش نیامده است.

همچنین دوربین در سردترین منطقه کوهستانی نروژ و گرمترین منطقه استوایی آفریقای جنوبی حتی تا دمای بالای ۷۲ درجه سانتی گراد بدون هیچ مشکلی کار خواهد کرد.

۳-۱۵ مدیریت و کنترل لایه‌های ذخیره سازی

سیستم محاسبه و ذخیره از ۳۰ حافظه با ظرفیت ۳۰ گیگابایت برای هر یک تشکیل گردیده، لذا حافظه‌ای معادل ۱/۸ ترابایت معادل ۱۵ رایانه دراختیار خواهد بود. بنابراین یک ارتباط مناسبی برای عامل دوربین فراهم شده تا در هر لحظه بتواند از ظرفیت اشغال شده و موجود سیستم ذخیره مطلع گردد. ظرفیت ذخیره سازی سیستم در ابتدای کار معادل ۲۷۵۰ تصویر می‌باشد. همزمان با تصویر برداری هر تصویر نمایشگر شمارش مقدار تصاویر را نمایش خواهد داد، لذا براحتی برای کاربر تعداد تصاویر ذخیره شده و قابل ذخیره قابل تشخیص می‌باشد.

۳-۱۶- برنامه ریزی جهت پرواز

دوربین UC-D بطور کامل با سیستم و نرم افزارهای مدیریت پرواز سازگاری دارد(بطور خاصی با CCNS-4 شرکت IGI و Xtrack شرکت Trackair). به لحاظ استفاده مشتریان فراوان از مورد DR3 در حال حاضر سیستم CCNS-4 ترجیحاً پیشنهاد می‌گردد. سیستم CCNS-4 یک محدوده وسیعی از عملیات قبل و بعد از پرواز را پشتیبانی می‌نماید و به نحو احسن خلبان و گروه نقشه‌بردار پروازی را از طریق برنامه پرواز انتخابی راهنمایی می‌کند. این امکانات با تلفیق نرم‌افزار IGI Win-MP با سیستم فراهم آمده است.

۳-۱۷- مثلث بندی

جدا از دقت و تراکم نقاط کنترل زمینی (GCP) و دقت سیستم IMU و DGPS، دقت منعکس شده در Sigma-nought برای مثلث بندی و همچنین دقت ارتفاعی برای تصاویر با دوربین رقومی UC-D بهتر از ۲± میکرون و دقت مسطحاتی خیلی بهتر از ۱ پیکسل می‌باشد. متناسب با نیاز کاربران بطور معمول برای پرواز با GSD(Pixel Sizes) ۱۰ و ۲۴ سانتی متر، دقت مسطحاتی ۱۰ و ارتفاعی ۲۰ سانتی متر بدست خواهد آمد، که همان در حد ۱± پیکسل می‌باشد. برای دستیابی به چنین دقتی نقاط کنترل زمینی (GCP) باید استفاده گردد. تراکم نقاط کنترل زمینی تابعی از مقدار هم پوشانی تصاویر خواهد بود. از آنجاکه از نظر اقتصادی در مقایسه با روش سنتی با هم پوشانی بیشتر تصاویر و در نتیجه اخذ تعداد تصاویر بیشتر هزینه‌ای را در بر نخواهد داشت و همچنین مثلث بندی نیز بصورت اتوماتیک انجام خواهد گرفت لذا حجم کنترل زمینی کاهش خواهد یافت. در نتایج بدست آمده در مثلث بندی‌های متعدد انجام شده با تصاویر دوربین رقومی UC-D دقت Sigma-nought در X و Y به ترتیب ۰/۲± و ۰/۷± پیکسل بوده است.

۳-۱۸- انتقال سیستم مختصات جغرافیایی

با استفاده از سیستم ناوبری CCNS-4 متعلق به شرکت IGI، انتقال مناسب بین سیستم مختصات متفاوت امکان‌پذیر است.

پی نوشت

۱-کالیبراسیون هندسی دوربین رقومی هوایی ULTRACAM-D ارائه شده در شماره ۵۵ مجله سپهر.

۲_IT Requirements

۳_Pixel Size

۴_Ground Sample Distance

۵_Swath width

۶_Mobile Storage Unit (MSU)

۷_Forward Motion Compensation (FMC)